

DEPOSISI MULTI-LAPISAN KATUP-SPIN NiFe/Cu/Co/NiO DAN Co/Cu/Co/NiO PADA SUBSTRAT Si

Soewarno Sarwono¹, Trimardji Atmono² dan Agung. B. Setio Utomo³

1. FKIP UNSYIAH, Banda Aceh; 2. P3TM-BATAN Yogyakarta; 3. FMIPA-UGM Yogyakarta

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian multi-lapisan katup-spin dari deposisi bahan NiFe/Cu/Co/NiO dan Co/Cu/Co/NiO pada bahan substrat Si. Proses deposisi menggunakan metoda radio frekuensi (RF) *sputtering* pada frekuensi 13,56 MHz. Hasil analisis menggunakan spektrum energi sinar- γ pada sampel yang telah di-aktivasi dengan netron cepat, menunjukkan bahwa elemen-elemen Ni, Fe, Cu dan Co telah terdeposisi dengan baik pada substrat. Sedangkan hasil fotografi menggunakan SEM memperlihatkan bagian permukaan dan tampang lintang dari struktur multi-lapisan. Analisis XRD menunjukkan bahwa multi lapisan mempunyai struktur kristal yang didominasi oleh unsur NiFe berbentuk kubik pusat permukaan dan berorientasi pada bidang 111.

Kata kunci: **multi-lapisan, katup-spin, sputtering.**

DEPOSITION OF THE MULTILAYER SPIN-VALVES NiFe/Cu/Co/NiO AND Co/Cu/Co/NiO ON Si SUBSTRAT

Soewarno Sarwono¹, Trimardji Atmono² dan Agung. B. Setio Utomo³

ABSTRACT

It has been already done a research of the multilayer spin-valves NiFe/Cu/Co/NiO and Co/Cu/Co/NiO which are deposited onto Si substrat. Deposition was carried out using an RF sputtering technique at the frequency of 13,56 MHz. Analysis on the γ ray energy spectrum from the sample, which is activated with fast neutron, shows that the elements of Ni, Fe, Cu and Co are already deposited at the substrat. SEM photograph have showed the face section and cross section of the multilayer structure. Based on the XRD analysis, the multilayer has a crystal structure which is dominated by the NiFe with face centered cubic (fcc) characteristic and its (111) planes orientation.

Key words : multilayer, spin-valves, sputtering.

I. PENDAHULUAN

Salah satu lapisan tipis yang luas cakupan aplikasinya adalah lapisan tipis magnetik (*magnetic thin film*), yang dapat dibentuk dari hasil deposisi bahan ferromagnetik. Bahan ini dapat digunakan sebagai bahan pembentuk sensor magnetoresistif (Clegg, 1984) akibat adanya efek magnetoresistansi (MR), yaitu perubahan nilai resistivitas bahan akibat kehadiran medan magnet luar (Howson, 1994).

Telah dilakukan berbagai usaha untuk memperoleh efek MR yang besar yaitu GMR (*Giant Magnetoresistance*) dengan memodifikasi bahan yang dideposisikan. Untuk maksud tersebut, telah dikembangkan pendeposisian *multilayer* dengan lapisan sela (*spacer*) (de Jonge, 1997) atau sistem katup spin (*spin-valves*). GMR yang berbasis spin-valves memiliki bentuk umum $F_1/NM/F_2/AF$. Dimana F_1 dan F_2 adalah lapisan ferromagnetik, NM adalah lapisan non magnetik dan AF adalah lapisan antiferromagnetik (Rijks, 1996). Dalam susunan tersebut F_1 berfungsi sebagai lapisan bebas (*free layer*), F_2 berfungsi sebagai lapisan yang dikunci (*pinned layer*), NM sebagai lapisan sela (*spacer*) dan AF sebagai lapisan pengunci (*pinning layer*) (Mao dkk, 1998, Mao dkk, 1996 dan Egelhoff dkk, 1995).

Dalam pembuatan lapisan tipis terdapat dua proses populer yang biasa digunakan, yaitu Physical Vapour Deposition (*PVD*) dan Chemical Vapour Deposition (*CVD*). Salah satu metode yang termasuk dalam *PVD* adalah *sputtering* (Konuma, 1992), yaitu *DC sputtering* atau *RF sputtering*. *DC sputtering* menggunakan generator dengan tegangan searah, sedangkan *RF sputtering* menggunakan generator *Radio Frekuensi (RF)* pada frekuensi 13,56 MHz (Ohring, 1992).

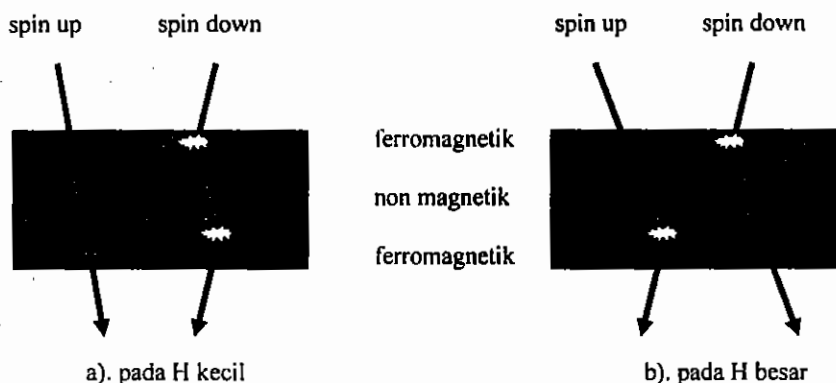
Dalam penelitian ini dilakukan pendeposisian *multilayer spin-valves* NiFe/Cu/Co/NiO dan Co/Cu/Co/NiO pada substrat Si dengan metode RF Sputtering. Selanjutnya cuplikan dianalisis dengan SEM untuk mengetahui struktur morfologi baik tampang permukaan maupun tampang lintangnya, stylus

Dektak untuk mengukur ketebalan lapisan, dan XRD untuk mengetahui struktur kristal.

II. DASAR TEORI

Umumnya gejala GMR muncul pada sistem dua lapisan magnetik yang dipisahkan oleh lapisan sela (*spacer*). Lapisan sela berfungsi sebagai kopling antar kedua lapisan magnetik yang mengapitnya. Jika diantara kedua lapisan magnetik tanpa menggunakan *spacer*, maka orientasi spin masing-masing lapisan hanya menuju ke satu arah saja (*parallel*). Dengan adanya *spacer*, maka orientasi spin masing-masing lapisan menjadi bolak balik (*anti parallel*). Kopling antar kedua lapisan magnetik dari arah paralel menuju ke anti paralel disebut kopling pertukaran (*exchange coupling*) atau kopling antiferromagnetik. Kuat lemahnya efek kopling tergantung pada ketebalan *spacer*, semakin tipis lapisan spacer semakin kuat efek kopling antar kedua lapisan magnetik tersebut (Nesbet, 1999). Sebagai bahan *spacer* digunakan logam non magnetik, misalnya Cu, Ag, Au (Rijks, 1996).

Struktur tiga lapisan (*trilayer*) dengan satu lapisan sela (*spacer*) diperlihatkan pada Gambar 1. Arah momen magnet ditunjukkan dengan anak panah. Jika arus listrik dialirkan pada arah tegak lurus lapisan, maka pada keadaan paralel, separoh elektron konduksi akan mengalami hambatan dua kali, sementara separoh yang lain tidak mengalami hambatan sama sekali (Gambar 1a). Dalam keadaan ini maka diperoleh hambatan yang kecil. Pada keadaan anti paralel masing-masing paroh elektron konduksi akan mengalami hambatan sekali, sehingga diperoleh hambatan yang besar (Gambar 1b)(Anonim, 2002).



Gambar 1. Lintasan elektron pada struktur lapisan magnetik.

a). Elektron melewati dua lapisan yang memiliki momen magnetik paralel.

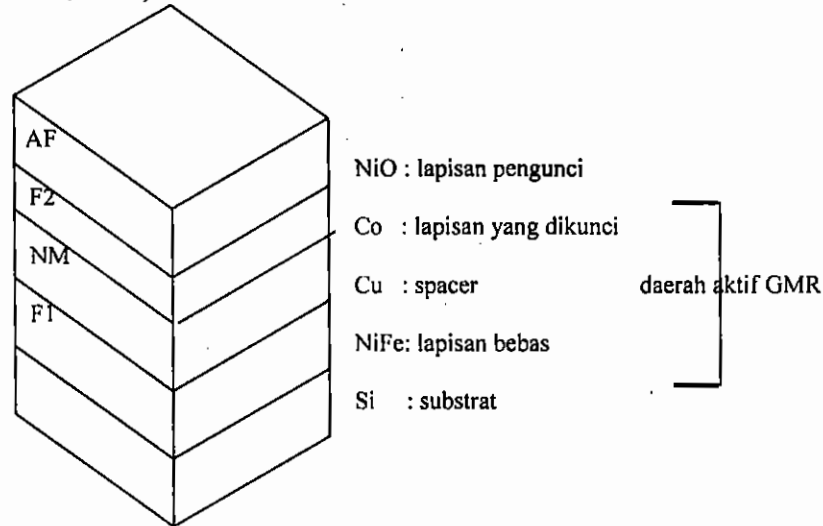
b). Elektron melewati dua lapisan yang memiliki momen magnetik antiparalel.

Sistem dua lapisan yang disisipi *spacer* yang disertai dengan lapisan pengunci (*pinning layer*) dikenal dengan nama katup spin (*spin-valve*). Lapisan pengunci merupakan bahan yang dapat mengunci kebebasan gerak spin pada suatu lapisan magnetik sehingga spin pada lapisan tersebut hanya mengarah pada satu arah saja. Sebagai pengunci dapat digunakan bahan antiferromagnetik misalnya FeMn, NiO, Fe_2O_3 . Dalam hal ini lapisan yang dikunci (*pinned layer*) adalah lapisan yang kontak dengan lapisan pengunci. Gejala ini muncul oleh adanya respon magnetik dari lapisan antiferromagnetik terhadap lapisan ferromagnetik yang dikenal anisotropi tukar.

Jika lapisan pembias tukar ditempatkan pada permukaan salah satu lapisan saja, sementara permukaan yang lain tidak, maka pengaruh spin magnetik yang terbias tukar tidak dapat bebas bergerak, sedang spin magnetik pada lapisan yang lain dapat bergerak dengan leluasa.

Struktur multilayer dengan lapisan pengunci diperlihatkan pada Gambar 2. Pada diagram tersebut NiO yang merupakan bahan antiferromagnet (AF) yang digunakan untuk mengunci lapisan Co (F2) pada arah tertentu. Keadaan spin pada bahan pembias tukar biasanya digunakan sebagai referensi. Lapisan NiFe yang memiliki magnetisasi sangat lunak dapat diarahkan paralel atau anti paralel oleh

medan yang sangat kecil. Sedang lapisan Cu (NM) sebagai lapisan sela (*spacer*)(Anonim, 2002).



Gambar 2. Struktur multilayer dengan lapisan pengunci.

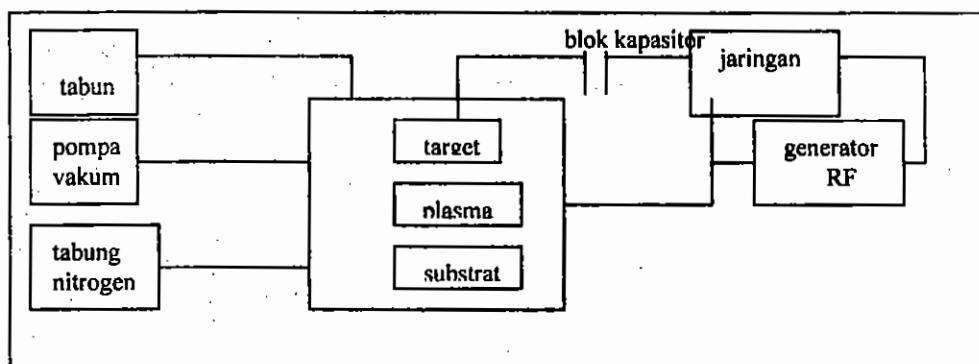
Deposisi lapisan tipis dengan menggunakan sistem RF sputtering pertama kali diperkenalkan oleh Wehner. Sebagai sumber eksitasi adalah Rf generator dengan frekuensi 13,56 MHz. Keunggulan sistem RF sputtering diantaranya dapat mendeposisikan bahan konduktor terutama isolator dan kecepatan pelapisannya tinggi (Ohring, 1992).

Gambar 3 memperlihatkan skema sistem RF sputtering. Sistem ini tersusun atas sepasang elektroda yang terdapat dalam tabung lucutan bertekanan rendah dalam orde sampai 10^{-7} mbar. Di atas katoda diletakkan target, sedangkan substrat umumnya dipasang pada anoda. Adanya perbedaan tegangan antara anoda dan katoda akan menyebabkan timbulnya medan listrik. Bila gas argon dialirkan kedalam ruang hampa tersebut, maka akan terionisasi dan terbentuklah plasma (Stuart, 1983).

Plasma juga terbentuk akibat ionisasi dengan penyerapan gelombang elektromagnet yang dipancarkan dari osilator radio frekuensi. Penyerapan

gelombang elektromagnet ini akan menyebabkan terjadinya transisi tingkat-tingkat energi atom.

Gas argon yang terionisasi akan dipercepat oleh medan listrik dan jika menumbuk atom-atom gas argon netral akan menghasilkan elektron-elektron dan ion-ion positif sekunder. Elektron-elektron sekunder yang dipercepat jika bertumbukan lagi dengan atom-atom gas lain, akan menyebabkan terjadinya ionisasi tertier. Proses ini berlangsung terus menerus tetapi tidak harus semua molekul terionisasi. Ion-ion positif dalam plasma akan tertarik ke katoda dan akan menembaki permukaan target. Apabila energi ion positif sangat tinggi maka atom-atom target akan terlepas ke segala arah dan sebagian diantaranya menuju ke substrat dan membentuk lapisan tipis.



Gambar 3. Sistem RF Sputtering

III. METODE EKSPERIMEN

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu : tahap pendeposisian lapisan tipis dan tahap karakterisasi meliputi: pengukuran ketebalan lapisan, identifikasi unsur-unsur yang terdeposisi, uji kristal, dan uji struktur morfologi.

Target yang digunakan dalam penelitian ini adalah NiFe, Cu, Co dan Ni yang masing-masing berdiameter 75 mm dan tebal 2 mm. Substrat adalah lempengan Si dengan tebal 1 mm berbentuk persegi panjang dengan panjang 2,5 cm dan lebar 1 cm.

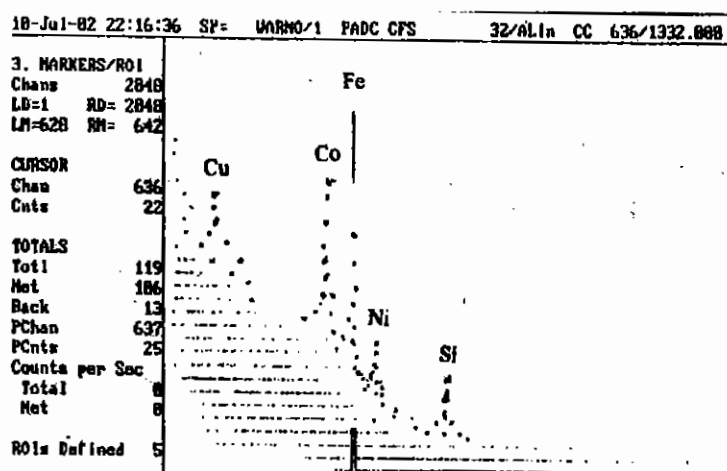
Proses pembuatan multilayer spin-valves dilakukan dengan variasi waktu deposisi untuk *free layer*, yaitu 1 menit dan 2 menit. Sedangkan untuk lapisan yang lain tetap, yaitu 30 detik untuk *spacer*, 1 menit untuk *pinned layer* cuplikan pertama dan 30 detik untuk *pinned layer* cuplikan kedua, 8 menit untuk *pinning layer*.

Semua multilayer yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi dengan stylus Dektak, aktivasi netron cepat, XRD dan SEM.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran dengan stylus Dektak diperoleh ketebalan lapisan: 30 Å untuk waktu deposisi 30 detik, 60 Å untuk waktu deposisi 60 detik, 120 Å untuk waktu deposisi 2 menit dan 480 Å untuk waktu deposisi 8 menit, masing-masing untuk lapisan NiFe, Cu, Co dan NiO.

Dari hasil deteksi spektrometer γ (Gambar 4) teramati adanya puncak-puncak energi γ yang dihasilkan oleh Cu dengan energi 509,57 keV, Co dengan energi 822,20 keV, Fe dengan energi 1322,31 keV, Ni dengan energi 1455,87 keV, dan Si dengan energi 1773,66 keV. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa telah terdeposisi unsur-unsur sesuai bahan target.



Gambar 4. Spektrum energi γ untuk system NiFe/Cu/Co/NiO

Secara umum hasil foto SEM untuk sistem NiFe/Cu/Co/NiO dan Co/Cu/Co/NiO mempunyai sifat yang sama, meskipun ada diantaranya ukuran butir yang tidak sama, penampang yang tidak rata dan orientasi yang tidak homogen. Hal ini terjadi karena sewaktu proses deposisi, atom-atom target yang terpercik dan menempel pada permukaan substrat tidak terorientasi pada satu daerah dan sifatnya juga acak. Proses perpindahan momentum dari ion-ion argon ke atom-atom target menyebabkan atom-atom target terlempar tidak merata ke segala arah, sehingga proses penumbuhan material baru pada substrat tidak homogen. Ada daerah dengan jumlah butir yang banyak, menyebabkan daerahnya menjadi gelap, sebaliknya ada daerah dengan jumlah butir sedikit, menyebabkan daerahnya menjadi terang (Gambar 5a).

Hasil foto SEM sesudah iradiasi neutron memperlihatkan adanya peningkatan daerah gelap dan terang baik jumlah maupun ukuran. Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi neutron menimbulkan kerusakan (*defect*) pada cuplikan (Gambar 5b).

Dari foto hasil SEM tampak lintang memperlihatkan telah terbentuknya multilayer pada substrat (Gambar 6). Lapisan yang berwarna putih di atas substrat adalah lapisan NiFe (Gambar 6a) dan Co (Gambar 6b) dan diikuti berturut-turut dengan lapisan Cu, Co dan NiO.

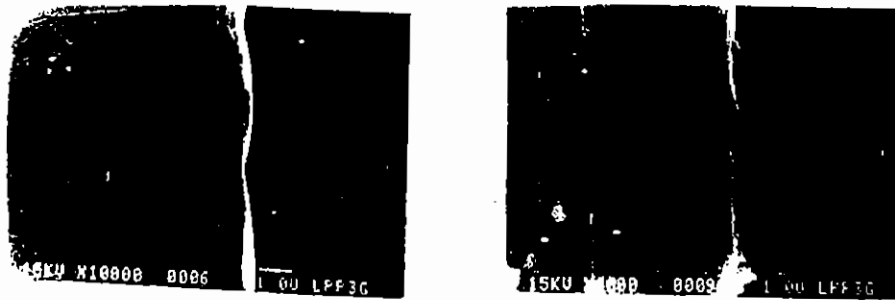


a)



b)

Gambar 5. Foto SEM system NiFe/Cu/Co/NiO, a) sebelum iradiasi, b). sesudah iradiasi

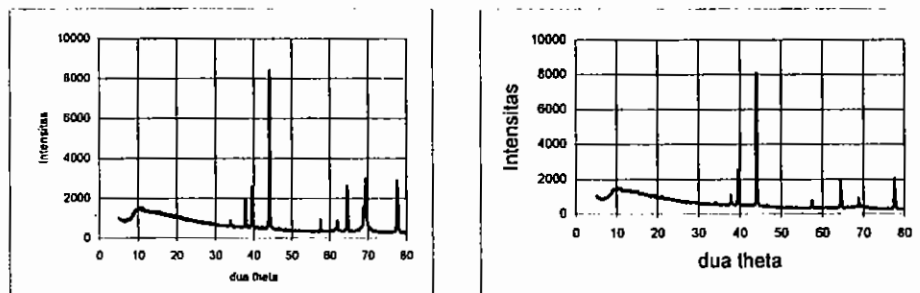


a)

b)

Gambar 6. Foto SEM tampak lintang, a). NiFe/Cu/Co/NiO, b). Co/Cu/Co/NiO

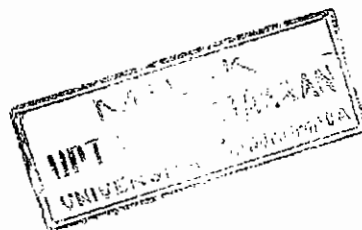
Gambar 7, memperlihatkan hasil karakterisasi dengan menggunakan difraksi sinar-X. Hasilnya menampilkan puncak-puncak karakteristik, hal ini menunjukkan bahwa multilayer yang terbentuk bersifat kristal. Dengan mencocokkan pada literatur, maka diketahui telah terbentuk kristal dengan penumbuhan kristal yang paling dominan adalah NiFe pada sudut $2\theta = 44,0916^\circ$ dengan $I/I_1 = 100\%$.



a)

b)

Gambar 7. Grafik XRD untuk NiFe/Cu/Co/NiO, a). Sebelum dan b) sesudah irradiasi



V. KESIMPULAN

1. Multilayer spin-valves NiFe/Cu/Co/NiO dan Co/Cu/Co/NiO dapat dideposisikan pada substrat Si dengan teknik RF sputtering.
2. Dari analisis dengan aktivasi neutron cepat, diperoleh bahwa multilayer mengandung unsur-unsur Ni, Fe, Cu dan Co, sebagaimana unsur-unsur yang terkandung dalam bahan target.
3. Dari foto SEM dapat ditunjukkan tampang permukaan serta tampang lintang yang memperlihatkan telah terdeposisi multilayer (secara kualitatif).
4. Hasil pengamatan spektrum dengan menggunakan XRD menunjukkan multilayer berstruktur kristal dengan lapisan yang paling dominan adalah NiFe dengan karakteristik kubus pusat muka (*fcc*) dengan orientasi bidang *hkl* (111).

VI. SARAN

1. Untuk memperoleh parameter-parameter yang menentukan efek GMR dari sistem multilayer spin-valves NiFe/Cu/Co/NiO dan Co/Cu/Co/NiO, perlu penelitian lebih lanjut, dengan: variasi tegangan bias, anil pasca deposisi, variasi kenaikan suhu substrat selama proses deposisi, ketebalan lapisan *spacer*, ketebalan lapisan *pinned layer*, lapisan *pinning layer*, pemakaian *buffer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., 2002, *Giant Magnetoresistance*, <http://www.stoner.leeds.ac.uk/research/gmr.htm>
- Anonim., 2002, *Spin-valves, Solid-state Magnetic Field Sensor*, <http://www.stoner.leeds.ac.uk/research/gmr.htm>
- Clegg W, 1984., Some Aspects of Thin Film Magnetoresistive Sensors, *Physics of Magnetic Materials*, Polandia Wooded Scientific, Singapore.
- de Jonge, 1997., "Artificially Layered Magnetic Structure : Physical Concepts and Applications",

Cobra Colloquium, Friday, October 3rd, Rekencentrum.

- Egelhoff, W. F. Jr., Ha T, Misra R D K and Kadmon Y, 1995: Magnetoresistance values exceeding 21 % in symmetric spin valves. Received 26 January 1995; accepted for publication 7 March 1995.
- Howson, M.A. 1994, Magnetic Thin Films and Multilayer, *Contemporary Physics*, vol 35 no. 5, hal 347-359.
- Konuma. M, 1992, *Film Deposition by Plasma Techniques*, Springer-Verlag, Berlin.
- Mao M., Cerjan., Gibbons, M., Law, B., Grabner, F., Vernon, S.P. and Wall, M., 1998, *IEEE Transaction on Magnetics*. 34, 4.
- Mao S., Gangopadhyay S, Amin N and Murdoch E, 1996, *J Appl Phys* 69,23
- Nesbet. R. K., 1999, Theory of Spin-dependent Conductivity in GMR Materials, *GMR, Oscillatory Coupling and related Studies*, 42, 238-240
- Ohring, M., 1992 : *The Materials Science of Thin Films*, Academic Pres Inc, new York, USA
- Rijks, G.S.M., 1996 : *Layered Thin Films Applications : Magnetoresistance and Magnetic Interactions*, Disertasi S-3, Universitas teknologi Eindhoven, Belanda.
- Stuart, V.R, 1983, *Vacuum Technology, Thin Film and Sputtering, an Introduction*, Academic Press Inc., Tokyo, Japan.